



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 46 061 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 28 F 21/08
F 28 F 19/06
F 28 F 1/02
F 28 F 1/30
F 28 D 1/00

⑳ Aktenzeichen: 196 46 061.1
㉔ Anmeldetag: 8. 11. 96
㉕ Offenlegungstag: 15. 5. 97

DE 196 46 061 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
09.11.95 JP 7-315948

⑦1 Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP; Sumitomo Light
Metal Industries Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,
53721 Siegburg

⑦2 Erfinder:
Teshima, Shouei, Handa, Aichi, JP; Hasegawa,
Yoshiharu, Obu, Aichi, JP; Matsuura, Satoshi,
Takahama, Aichi, JP; Tanaka, Hirokazu, Nagoya,
Aichi, JP; Sano, Hideo, Nagoya, Aichi, JP;
Takahashi, Tatsumi, Nagoya, Aichi, JP

⑤4 Aluminiumrohr für Wärmeaustauscher und Verwendung desselben als Aluminiumwärmeaustauscher

⑤7 Ein verbesserter Wärmeaustauscher wird durch Kombination und Zusammenlöten eines mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht beschichteten Aluminiumrohrs mit einer Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, hergestellt. Die Zn-haltige Überzugsschicht wird durch Aufspritzen einer Legierung aus Al-10-85%Zn auf das Aluminiumrohr bei einer Auftragsmenge an Zn in der gebildeten Überzugsschicht zwischen 1 und 8 g/m² gebildet. Der Kern des Aluminium-Lötblechs ist eine Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.-% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.-% Zn als wesentliche Bestandteile enthält. Mit der oben beschriebenen Zusammensetzung erhält man Aluminiumrohre mit einer ausgezeichneten Lochfraßbeständigkeit, und der so hergestellte Wärmeaustauscher unterdrückt eine vorzeitige Korrosion in dem Nahtbereich, wodurch eine Ablösung der Rippe von dem Rohr verhindert wird.

DE 196 46 061 A 1

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Aluminiumrohr als Wärmeaustauscher und einen Wärmeaustauscher aus Aluminium, der das Aluminiumrohr verwendet, und insbesondere eine Verbesserung des Wärmeaustauschers aus Aluminium, wobei der Wärmeaustauscher durch Kombination eines Aluminiumrohrs, das eine Zn-haltige Überzugsschicht aufweist, mit einer Aluminiumrippe und durch Löten der Rippe auf das Aluminiumrohr hergestellt wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Aus Aluminium gefertigte Wärmeaustauscher finden breite Anwendung zur Kühlung der Arbeitsflüssigkeit von Kraftfahrzeugen und zur Klimatisierung der Kabinenluft von Kraftfahrzeugen als Verdampfer und Kondensatoren von Kraftfahrzeug-Klimaanlagen. Wie in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt, besitzt diese Art von Wärmeaustauscher aus Aluminium eine Struktur bestehend aus dem Aluminiumrohr 1, dem durch Extrusion eine flache Hohlkammerform verliehen wurde und das den Durchgang für die Arbeitsflüssigkeit bildet, dem Aluminium-Lötblech aus Al-Si-Lötmaterial, das auf das Aluminiumrohr plattiert ist, und der gewellten Rippe 2, die auf das Aluminium-Lötblech gelötet ist.

Wenn ein Wärmeaustauscher aus Aluminium in einer rauen Umgebung verwendet wird, entstehen oft Probleme durch aluminiumspezifischen Lochfraß auf dem Aluminiumrohr. Dieser Lochfraß dringt bis zur Innenfläche des Rohrs vor und führt zur einem Verlust der Wärmeaustauschleistung. Zur Lösung des Problems werden die in Fig. 3 dargestellten Maßnahmen vorgeschlagen. Wie in Fig. 3 zu erkennen, ist das Aluminiumrohr mit Zn beschichtet, das elektrochemisch reaktiver ist als das Aluminiumrohr und eine Zn-Überzugsschicht 3 bildet, und die Rippe 2 ist auf die Zn-Überzugsschicht 3 aufgelötet.

Allgemein werden Zn-Überzugsschichten durch Aufspritzen von Zn oder einer Zn-Legierung auf die ebene Oberfläche der zusammengedrückten Form des extrudierten Aluminiumrohrs gebildet (das Verfahren ist in der ungeprüften Japanischen Patentveröffentlichung Nr. 138455 (1990) offenbart). Wenn jedoch ein Kraftfahrzeug-Wärmeaustauscher durch Löten einer Rippe aus Aluminium-Lötblech auf das Zn-spritzbeschichtete Aluminiumrohr hergestellt wird, dann korrodiert häufig der Nahtbereich zwischen dem Aluminiumrohr und der Rippe, und die Rippe löst sich selbst nach einer leichten Rippenkorrosion von dem Rohr, wodurch sich die Wärmeübertragungsleistung des Wärmeaustauschers verschlechtert.

Um dieses Problem zu lösen, führten die Erfinder eine Untersuchung durch, um die Ursache zu erkennen, und stellten fest, daß, wenn ein mit Zn spritzbeschichtetes Aluminiumrohr zum Löten der Rippe erhitzt wird, Zn in den Nahtbereich zwischen dem Aluminiumrohr und der Rippe diffundiert und den Nahtbereich elektrochemisch aktiver macht als das Aluminiumrohr und die Rippe und der Nahtbereich eine vorzeitige Korrosion erfährt. Durch weitere Versuche haben die Erfinder festgestellt, daß die Zn-Diffusion in den Nahtbereich insbesondere dann erhöht ist, wenn die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht steigt, daß eine geringere Menge an Zn in dem Spritzüberzug die Korrosionsbeständigkeit in einem gewissen Ausmaß erhöht, daß eine einfache Verringerung der Zn-Auftragsmenge nicht zwangsläufig eine gute Korrosionsbeständigkeit ergibt und daß die Korrosionsbeständigkeit der hergestellten Wärmeaustauscher von der Zusammensetzung von Aluminiumrohr, Rippe und Legierungsüberzug auf dem Aluminiumrohr und deren Kombination abhängt.

KURZE DARLEGUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung gründet sich auf die oben beschriebenen experimentellen Betrachtungen und beabsichtigt, die Probleme zu lösen, welche bei aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauschern von Kraftfahrzeugen auftreten, insbesondere bei jenen, die ein Aluminiumrohr verwenden, das mit einer Zn-haltigen Legierung beschichtet ist. Es ist das Ziel der vorliegenden Erfindung, einen Wärmeaustauscher aus Aluminium mit einer ausgezeichneten Korrosionsbeständigkeit zu schaffen, der die Entstehung von Lochfraß in dem als Durchgang für die Arbeitsflüssigkeit dienenden Aluminiumrohr unterdrückt, und die Loslösung der Rippe von dem Aluminiumrohr durch Korrosion zu verhindern.

Um das Ziel der vorliegenden Erfindung zu erreichen, weist das Aluminiumrohr für den Wärmeaustauscher eine Struktur auf, die aus einem Aluminiumrohr, das mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht beschichtet ist, und einer von einem Aluminium-Lötblech gebildeten Rippe besteht, die auf das Aluminiumrohr gelötet ist. Die erste Ausführungsform der Erfindung ist, daß die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 und 8 g/m² beträgt. Die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, daß die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 85 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht.

Die dritte, vierte und fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind: daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht; daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht; bzw. daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die Cu oder Cu und Mn enthält und außerdem jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält.

Die sechste Erscheinungsform der vorliegenden Erfindung ist, daß das Aluminiumrohr aus reinem Aluminium

gebildet ist, daß die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und daß die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 g/m² und 3 g/m² beträgt.

Ein aus Aluminium gefertigter Wärmeaustauscher gemäß der vorliegenden Erfindung besteht aus der folgenden Struktur: einem Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht und einer Rippe aus einem Aluminium-Lötblech, die an das Aluminiumrohr gelötet ist. Die erste Erscheinungsform des Wärmeaustauschers gemäß der vorliegenden Erfindung ist, daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und daß die Aluminium-Lötblechstruktur aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, daß die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 85 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und daß die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 und 8 g/m² beträgt.

Die zweite, dritte und vierte Ausführungsform des aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauschers gemäß der vorliegenden Erfindung sind: daß das Aluminiumrohr 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und außerdem jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält; daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht; bzw. daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu, 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn und jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält.

Die fünfte und sechste Ausführungsform des aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauschers gemäß der vorliegenden Erfindung sind: daß der Wärmeaustauscher aus Aluminium ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht und eine Rippe umfaßt, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Struktur des Aluminium-Lötblechs aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn, 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 g/m² und 3 g/m² beträgt; bzw. daß das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und jeweils 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mn, Mg, Ti, Cr und Zr enthält.

Die siebte Ausführungsform des Wärmeaustauschers gemäß der vorliegenden Erfindung ist, daß der Wärmeaustauscher aus Aluminium umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus reinem Aluminium gebildet ist, und wobei die Struktur des Aluminium-Lötblechs aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht mindestens 1 g/m² und weniger als 3 g/m² beträgt. Die achte Erscheinungsform der vorliegenden Erfindung ist, daß der Kern des Aluminium-Lötblechs außerdem eines oder mehrere der folgenden Elemente enthält: bis zu 0,1 Gew.% Mg, bis zu 0,3 Gew.% Ti, bis zu 0,3 Gew.% Cr und bis zu 0,3 Gew.% Zr.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht eines Aluminiumrohrs, das in einem aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauscher verwendet wird. Fig. 2 ist eine teilweise geschnittene Ansicht, welche die Kontur eines aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauschers darstellt, der durch Kombination des Aluminiumrohrs und der Rippe und durch deren Zusammenlöten hergestellt wird. Fig. 3 ist eine Schnittansicht eines mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht beschichteten Aluminiumrohrs, das als Wärmeaustauscher aus Aluminium verwendet wird.

GENAUE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Durch Verwendung des Aluminiumrohrs, durch Kombination mit der Rippe aus Aluminium-Lötblech und durch Zusammenlöten derselben gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt der hergestellte Wärmeaustauscher aus Aluminium eine bedeutend bessere Korrosionsbeständigkeit. Eine bestimmte Kombination der auf dem Aluminiumrohr gebildeten Zn-Überzugsschicht mit der Rippe verbessert die Korrosionsbeständigkeit noch weiter. Eine bevorzugte Art der Kombination ist es, wie oben beschrieben, das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung zu bilden, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, oder aus einer Aluminiumlegierung, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, oder aus einer Aluminiumlegierung gleicher Art, die außerdem eines oder mehrere der Elemente Mg, Cr, Zn, Ti und Zr enthält.

Die Bedeutung von und der Grund für die genaue Festlegung der Legierungszusammensetzung der das Aluminiumrohr bildenden Aluminiumlegierung liegt darin, daß Cu ein wirksamer Bestandteil ist, um die Materi-

alfestigkeit zu verbessern, die elektrochemische Reaktivität des Materials zu verringern und die Rippe die Funktion einer Opferanode übernehmen zu lassen. Ein bevorzugter Bereich des Cu-Gehalts liegt zwischen 0,1 und 0,5 Gew.%; ein noch mehr bevorzugter Bereich in Hinsicht auf die praktische Anwendung liegt jedoch zwischen 0,2 und 0,5 Gew.%. Ein Cu-Gehalt von weniger als 0,1 Gew.% liefert einen ungenügenden Effekt, und ein Gehalt von mehr als 0,5 Gew.% beschleunigt ihre selbstkorrodierenden Eigenschaften.

Mangan ist ein wirksamer Bestandteil zur Verbesserung der Materialfestigkeit ohne eine Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit des Materials. Ein bevorzugter Bereich des Mn-Gehalts liegt zwischen 0,05 und 0,2 Gew.%. Ein Mn-Gehalt von weniger als 0,05 Gew.% liefert einen ungenügenden Effekt, und ein größerer Gehalt als 0,2 Gew.% verschlechtert die Extrudierbarkeit. Durch Einschluß von jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr werden die Eigenschaften und die Leistung des Materials und des Wärmeaustauschers weiter verbessert. Selbst wenn jeweils bis zu 0,5 Gew.% Fe und Si als Verunreinigungen vorhanden sind, wird die Leistung des Wärmeaustauschers nicht beeinträchtigt.

Die auf der Oberfläche des Aluminiumrohrs zu bildende Zn-Überzugsschicht wird aufgetragen, indem eine Aluminiumlegierung, die 10 bis 85 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, auf das Aluminiumrohr gespritzt wird. Die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht beträgt zwischen 1 und 8 g/m², vorzugsweise 3 bis 5 g/m². Wenn der Zn-Gehalt gering ist, neigt die Ablagerung der Legierungsschicht zur Ungleichförmigkeit; somit kann die Korrosionsbeständigkeit des Rohrs nicht zuverlässig erhöht werden. Bei einer übermäßigen Auftragsmenge an Zn besteht die Gefahr, daß Zn in den Nahtbereich zwischen Rohr und Rippe gelangt, was die Leistung des Wärmeaustauschers verschlechtert, und es kommt zu verstärkten Unregelmäßigkeiten in der Dicke der Überzugsschicht, was zu einer ungleichmäßigen Korrosionsbeständigkeit des Rohrs führt. Wenn die Zn-Menge in der aufgespritzten Legierung geringer ist als 20 Gew.%, dann wird die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht übermäßig groß, wodurch die Dicke der Legierungsschicht zur Unregelmäßigkeit neigt. Wenn die Zn-Menge 85 Gew.% überschreitet, dann wird die Zn-Menge in der Überzugsschicht übermäßig groß, wobei die Gefahr besteht, daß eine Zn-Diffusion in den Nahtbereich hervorgerufen wird, und es kann keine vorbeugende Wirkung gegen eine Ablösung der Rippe erzielt werden.

Bei der Rippe wird ein Lötblech verwendet, das einen Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und eine Haut aus Al-Si-Legierung aufweist. Das Mangan im Kern erhöht die Materialfestigkeit, ohne die Korrosionsbeständigkeit des Materials zu verschlechtern. Ein Mn-Gehalt von weniger als 0,5 Gew.% erzeugt einen geringeren Effekt, und einer von mehr als 2,0 Gew.% induziert die Ablagerung von groben Kristallen und verschlechtert die Stärke.

Zink macht das Material elektrochemisch reaktiver, wodurch die Rippe als Opferanode wirken kann. Wenn der Zn-Gehalt geringer ist als 1,0 Gew.%, dann ist der Lochfraßschutzeffekt kleiner, und wenn der Zn-Gehalt 3,0 Gew.% übersteigt, steigt die Geschwindigkeit der Selbstkorrosion, wodurch die Rippe in kurzer Zeit zerstört wird und die Lebensdauer des Wärmeaustauschers verkürzt wird. Was den Kern betrifft, so wird die Leistung von Rippe und Wärmeaustauscher durch zusätzliche Zugabe von bis zu 0,1 Gew.% Mg und jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Ti, Cr und Zr zu den oben beschriebenen Legierungsbestandteilen verbessert. Selbst wenn jeweils 0,5 Gew.% Fe und Si als Verunreinigungen im Kern vorhanden sind, werden die Eigenschaften der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt.

Hinsichtlich des Al-Si-Legierungs-Lötmaterials für die Haut des Lötblechs können BA4045, BA4005 und andere Materialien, die sich zum Löten mit Flußmittel in einer inerten Atmosphäre und zum Löten ohne Flußmittel unter Vakuum eignen, beliebig verwendet werden.

Eine weitere bevorzugte Art der Kombination von Aluminiumrohr, auf dem Aluminiumrohr gebildeter Zn-haltiger Überzugsschicht und Rippe gemäß der vorliegenden Erfindung besteht aus einem Aluminiumrohr, das von einem Aluminiumrohr gebildet wird, das 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, oder einer Aluminiumlegierung, die von einer Aluminiumlegierung gebildet wird, die außerdem jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mn, Mg, Ti, Cr und Zr enthält. Die Bedeutung und der Grund der genauen Festlegung des Gehaltsbereichs dieser Bestandteile sind dieselben wie die oben beschriebenen. Die Zugabe von Mn ist ebenfalls wirksam hinsichtlich einer Verbesserung der Leistung des Materials und daher des Wärmeaustauschers. Selbst wenn Fe und Si mit einem Gehalt von jeweils bis zu 0,5 Gew.% in dem Aluminiumrohr vorhanden sind, beeinträchtigen sie nicht die Eigenschaften der vorliegenden Erfindung.

Die Bildung einer Überzugsschicht durch Bespritzen der Aluminiumrohroberfläche erfolgt unter Verwendung einer Aluminiumlegierung, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, wobei die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht auf einen Wert zwischen 1 g/m² und 3 g/m² beschränkt wird. Wenn die Dicke der Legierungsschicht ungleichmäßig wird, ist die korrosionsverhindernde Wirkung auf das Rohr nicht gewährleistet. Wenn der Zn-Gehalt 50 Gew.% überschreitet, steigt die Zn-Diffusion in die Naht beim Löten, wodurch die Wärmeaustauschleistung verschlechtert wird, mit dem Ergebnis, daß jegliche Unregelmäßigkeit auf der Legierungsoberfläche stärker wird, was eine ungleichmäßige Korrosionsbeständigkeit des Rohrs bewirkt. Wenn der Zn-Gehalt geringer ist als 10%, dann wird die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht übermäßig groß, und die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche der Überzugsschicht werden zu stark. Wenn der Zn-Gehalt 50 Gew.% überschreitet, wird die Zn-Menge in der gespritzten Überzugsschicht übermäßig groß, wodurch die Zn-Diffusion in den Nahtbereich steigt und folglich den die Rippenablösung verhindernden Effekt stört.

Bei jeder Rippe wird ein Lötblech verwendet, das einen Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn, 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und eine Haut aus Al-Si-Legierungs-Lötmaterial aufweist, oder ein Lötblech mit einem Kern, der außerdem eines oder mehrere der folgenden Elemente enthält: bis zu 0,1 Gew.%

Mg, bis zu 0,3 Gew.% Ti, bis zu 0,3 Gew.% Cr und bis zu 0,3 Gew.% Zr.

Die Bedeutung von und der Grund für die genaue Festlegung der Legierungsbestandteile Mn, Zn, Mg, Ti, Cr und Zr in der Rippe sind dieselben wie die oben beschriebenen. Kupfer verbessert die Rippenstärke. Ein optimaler Kupfergehalt beträgt 0,2 bis 0,5 Gew.%. Wenn der Kupfergehalt 0,5 Gew.% überschreitet, steigt die Selbstkorrosion, was die Rippe innerhalb kurzer Zeit zerstört und die Lebensdauer des Wärmeaustauschers verkürzt. Selbst wenn Fe und Si mit einem Gehalt von jeweils bis zu 0,5 Gew.% in dem Aluminiumrohr vorhanden sind, beeinträchtigen sie nicht die Wirkung der vorliegenden Erfindung.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine bevorzugtere Art der Kombination eines Aluminiumrohrs mit einer auf dem Aluminiumrohr gebildeten Zn-haltigen Überzugsschicht und einer Rippe die Bildung des Aluminiumrohrs aus reinem Aluminium. Selbst wenn das reine Aluminium zur Bildung des Rohrs Verunreinigungen von jeweils bis zu 0,5 Gew.% Fe und Si und jeweils bis zu 0,3 Gew.% Mn, Cu, Mg, Ti, Cr und Zr enthält, wird die Leistung des Rohrs und des Wärmeaustauschers nicht beeinträchtigt.

Die Bildung einer Zn-haltigen Überzugsschicht auf der Oberfläche des Aluminiumrohrs erfolgt durch Aufspritzen einer Legierung, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, wobei die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht auf einen Wert zwischen 1 g/m² und 3 g/m² beschränkt wird. Der Grund für die genaue Festlegung des Bereichs der Auftragsmenge an Zn und der Zn-Menge in der Legierung ist der gleiche wie der oben beschriebene.

Der aus Aluminium gefertigte Wärmeaustauscher gemäß der vorliegenden Erfindung wird durch Pressen einer Aluminiumlegierung von bestimmter Zusammensetzung zur Bildung eines flachen und porigen Aluminiumrohres, durch Aufspritzen einer Zn-Al-Legierung oder einer Al-Zn-Legierung von bestimmter Zusammensetzung auf den ebenen Teil des Aluminiumrohrs zur Bildung einer Zn-haltigen Überzugsschicht, durch Anfügen einer Rippe, deren Struktur aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung von bestimmter Zusammensetzung mit einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, an das Aluminiumrohr und durch Erhitzen zum Verlöten der Rippe mit dem beschichteten Rohr in einer inerten Gasatmosphäre oder unter Vakuum hergestellt.

Was den aus Aluminium gefertigten Wärmeaustauscher gemäß der vorliegenden Erfindung betrifft, so wird der Lochfraß des Rohrs wirksam verhindert und die Zn-Diffusion in den Nahtbereich zwischen dem Rohr und der Rippe während der Lötung vermieden, wobei die durch die Ablösung der Rippen vom Rohr bewirkte Verschlechterung der Wärmeaustauschleistung dank der speziellen Kombination des Aluminiumrohrs mit der oben angegebenen Zusammensetzung, der Überzugsschicht, welche die angegebene Zn-Auftragsmenge aufweist und durch Aufspritzen der Zn-Al-Legierung oder Al-Zn-Legierung mit der angegebenen Zusammensetzung gebildet wird, und der Lötblech-Rippe, die einen Aluminiumkern mit der angegebenen Zusammensetzung und eine Haut aus Al-Si-Lötlegierung umfaßt, vollständig verhindert wird.

Im folgenden werden die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Beispiele und Vergleichsbeispiele genauer beschrieben.

BEISPIEL 1

Beispiel 1 beschreibt Ausführungsformen, die sich auf Anspruch 1 bis 5, Anspruch 7 bis 10 und Anspruch 14 der vorliegenden Erfindung beziehen.

Jeder der Aluminiumlegierungsblöcke mit der in Tabelle 1 angeführten Zusammensetzung wurde gegossen. Der gegossene Block wurde durch Homogenisierung und Pressen weiterverarbeitet, um ein flaches Mehrkammerrohr zu formen, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, das eine Größe von 20 mm Breite, 3 mm Dicke und eine Rohrwanddicke von 0,3 mm aufwies. Unmittelbar nach der Extrusion wurde eine Legierung aus Al-80%Zn, Al-30%Zn oder Al-10%Zn einzeln auf die flache Seite der jeweiligen Rohre aufgespritzt, um eine Zn-haltige Überzugsschicht zu bilden. Es wurden drei Stufen von Auftragsmengen an Zn in der Überzugsschicht gewählt: nämlich 5, 10 und 15 g/m². Tabelle 1 zeigt die Extrusionsgeschwindigkeit für jeden der Probekörper

Tabelle 1

Probekörper	Zusammensetzung (Gew.%)								Geschwindigkeit der Extrusion (m/min)
	Cu	Mn	Mg	Cr	Ti	Zr	Si	Fe	
T1	0,21	—	—	—	—	—	0,08	0,12	150
T2	0,41	0,12	—	—	—	—	0,31	0,38	120
T3	0,41	—	0,15	—	—	—	0,24	0,30	120
T4	0,40	—	—	0,1	0,10	0,12	0,23	0,34	120
T5	0,42	0,20	—	2—	—	—	0,26	0,31	120
T6	0,40	0,12	—	0,15	—	—	0,22	0,25	120
T7	0,42	0,15	0,14	—	—	0,10	0,25	0,11	120

Jeder der Aluminiumlegierungskerne mit der in Tabelle 2 angeführten Zusammensetzung wurde warmbearbeitet, um eine Walzung zur Aufplattierung einer BA4045-Legierung zu ermöglichen, dann kaltgewalzt mit zwischenzeitlichem Glühen, um ein Lötblech von 0,13 mm Dicke als Rippe zu formen. Die Rippe wurde mit dem oben beschriebenen und mit der Überzugsschicht beschichteten Aluminiumrohr kombiniert, und die so erhaltene Kombination von Rippe und Rohr wurde unter den gleichen Bedingungen wie beim Löten in einer inerten Gasatmosphäre erhitzt. In einer 3%igen NaCl-Lösung (pH 3) wurde das Normal-Elektrodenpotential des erzeugten mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht beschichteten Aluminiumrohrs mit der Rippe bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellt.

Es wurden ein schlangenförmig gebogenes Aluminiumrohr und eine gewellte Rippe kombiniert und unter Verwendung eines nicht-korrodisierenden Flußmittels in einer inerten Atmosphäre zusammengelötet, um einen Probekörper, wie er in Fig. 2 dargestellt ist, für den Korrosionstest herzustellen. Der Probekörper wurde nach ASTM G-85 SWAAT (Dauer 1000 Std.) getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 angeführt. Sämtliche erfindungsgemäßen Probekörper zeigten günstige Extrusionseigenschaften, wie in Tabelle 1 dargestellt, und verhinderten die Entstehung von Lochfraß auf dem Rohr ohne eine Ablösung der Rippe von dem Rohr, wie in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 2

Probekörper	Zusammensetzung (Gew.%)								Normal-Elektrodenpotential der Rippe (mV vs GKE)
	Mn	Zn	Mg	Cr	Ti	Zr	Si	Fe	
F1	1,20	1,52	—	—	—	—	0,38	0,24	-795
F2	1,22	2,47	0,12	—	—	—	0,37	0,25	-845
F3	1,21	1,48	—	0,15	0,10	—	0,30	0,28	-792
F4	1,20	1,58	—	—	—	0,13	0,34	0,20	-798

Tabelle 3

Probekörper Nr.	Rohr	aufgespritztes Material	Auftragsmenge an Al-Zn (g/m^2)	Auftragsmenge an Zn (g/m^2)	Normal-Elektrodenpotential (mV vs GKE)
T11	T1	Al-30Zn	10	3,0	-792
T21	T2	Al-10Zn	15	1,5	-737
T22	T2	Al-30Zn	10	3,0	-769
T23	T2	Al-80Zn	5	4,0	-789
T31	T3	Al-30Zn	10	3,0	-765
T41	T4	Al-30Zn	10	3,0	-763
T51	T5	Al-30Zn	10	3,0	-763
T61	T6	Al-30Zn	10	3,0	-758
T71	T7	Al-10Zn	15	1,5	-735
T72	T7	Al-80Zn	5	4,0	-790

Tabelle 4

Probe- körper	Kombination		Korrosionstiefe des Rohrs (mm)	Rippen- ablösung
	Rohr	Rippe		
1	T11	F2	0,09	keine
2	T21	F2	0,15	keine
3	T22	F2	0,09	keine
4	T23	F2	0,08	keine
5	T31	F4	0,20	keine
6	T41	F1	0,07	keine
7	T51	F2	0,09	keine
8	T61	F3	0,08	keine
9	T71	F4	0,20	keine
10	T72	F2	0,07	keine

VERGLEICHSPBEISPIEL 1

Außer dem in Beispiel 1 hergestellten mit einem Spritzüberzug aus Al-10-80%Zn-Legierung beschichteten Aluminiumrohr wurde ein Aluminiumrohr hergestellt, das unmittelbar nach der Extrusion mit Zn-Metall bespritzt wurde. Neben den Rippen mit der in Tabelle 2 gezeigten Zusammensetzung wurden Rippen aus einer Aluminiumlegierung mit der in Tabelle 5 angeführten Zusammensetzung hergestellt. Diese Probekörper wurden getestet, um ihr Normal-Elektrodenpotential zu bestimmen, und wurden auf Korrosion getestet. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 5, 6 und 7 angegeben.

Tabelle 5

Probe- körper	Zusammensetzung (Gew.%)									Normal-Elek- troden-potenti- al der Rippe (mV vs GKE)
	Mn	Zn	Cu	Mg	Cr	Al	Zr	Si	Fe	
F5	1,21	—	—	0,12	—	—	0,09	0,35	0,25	-720
F6	1,21	1,48	0,14	—	0,10	0,15	—	0,26	0,52	-715

Tabelle 6

Probe- körper	Rohr	aufge- spritztes Material	Auftrags- menge an Al-Zn (g/m ²)	Auftrags- menge an Zn (g/m ²)	Normal-Elek- troden-poten- tial (mV vs GKE)
T24	T2	Al-10Zn	5	0,5	-715
T25	T2	Al-80Zn	15	12,0	-933
T26	T2	Zn	10	10,0	-913
T27	T2	—	—	—	-706

Tabelle 7

Probe- körper	Kombination		Korrosionstiere des Rohrs (mm)	Rippen- ablosung
	Rohr	Rippe		
11	T24	F2	durchdringend	keine
12	T25	F2	0.12	eingetreten
13	T26	F1	0.10	eingetreten
14	T27	F2	durchdringend	keine
15	T22	F5	0.10	eingetreten
16	T22	F6	0.08	eingetreten

Wie in Tabelle 7 zu erkennen, wies der Probekörper Nr. 11 eine geringere Auftragsmenge an Zn auf, so daß die Zn-haltige Überzugsschicht ungleichmäßig wurde, was dem Rohr keine genügende Korrosionsbeständigkeit verlieh und zu einem Lochfraß führte, welcher die Rohrwand durchdrang. Da die Probekörper Nr. 12 und Nr. 13 eine übermäßige Zn-Auftragsmenge aufwiesen, diffundierte Zn in den zwischen Rohr und Rippe gebildeten Nahtbereich, und der Nahtbereich wurde elektrochemisch reaktiver, was eine vorzeitige Korrosion am Nahtbereich bewirkte und zu einer Ablösung der Rippe von dem Rohr führte.

Da der Probekörper Nr. 14 keine Zn-haltige Überzugsschicht auf dem Rohr besaß, war die Korrosionsbeständigkeit des Rohrs gering, und es entstand ein Lochfraß, der die Rohrwand durchdrang. Der Probekörper Nr. 15 enthielt kein Zn im Kern der Rippe, so daß in diesem Fall die Rippe elektrochemisch reaktiver wurde, wodurch eine vorzeitige Korrosion auf dem Rohr ausgelöst wurde, die zu einer Ablösung der Rippe führte. Probekörper Nr. 16 wies einen hohen Cu-Anteil im Kern der Rippe auf, und die Geschwindigkeit der Selbstkorrosion der Rippe stieg, was die Rippenkorrosion beschleunigte und eine Rippenablösung bewirkte.

BEISPIEL 2

Beispiel 2 beschreibt Ausführungsformen, die sich auf Anspruch 11, 12 und 14 der vorliegenden Erfindung beziehen.

Jeder der Aluminiumlegierungsblöcke mit der in Tabelle 8 angeführten Zusammensetzung wurde gegossen. Der gegossene Block wurde durch Harmonisierung und Pressen weiterverarbeitet, um ein flaches poriges Rohr zu formen, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, das eine Größe von 20 mm Breite, 3 mm Dicke und eine Rohrwanddicke von 0,3 mm aufwies. Unmittelbar nach der Extrusion wurde eine Legierung aus Al-50%Zn, Al-30%Zn oder Al-10%Zn einzeln auf die porige flache Seite der jeweiligen Rohre aufgespritzt, um eine Zn-haltige Überzugsschicht zu bilden. Tabelle 8 zeigt die Extrusionsgeschwindigkeit für jeden der Probekörper.

Tabelle 8

Probe- körper	Zusammensetzung (Gew.%)								Geschwin- digkeit der Ex- trusion (m/min)
	Cu	Mn	Pb	Cr	Ti	Zr	Si	Fe	
T8	0,41	0,12	—	—	—	—	0,31	0,38	120
T9	0,41	—	—	—	—	—	0,24	0,30	150
T10	0,38	—	0,12	—	—	—	0,26	0,32	120
T11	0,43	—	—	0,14	0,09	—	0,30	0,34	120
T12	0,40	—	—	—	—	0,08	0,32	0,37	120

Jeder der Aluminiumlegierungskerne mit der in Tabelle 9 angeführten Zusammensetzung wurde warmgewalzt, um eine A4045-Legierung als Haut aufzuplattieren, dann warmgewalzt mit zwischenzeitlichem Glühen, um ein Lötblech von 0,13 mm Dicke als Rippe zu formen. Jede Rippe und jedes mit der Überzugsschicht beschichtete Rohr wurden einzeln unter den gleichen Bedingungen wie beim Löten in einer inerten Gasatmosphäre erhitzt. Dann wurde in einer 3%igen NaCl-Lösung (pH 3) das Normal-Elektrodenpotential jedes Probekörpers bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellt.

Es wurden eine gewellte Rippe und ein schlangenförmig gebogenes Aluminiumrohr kombiniert und unter Verwendung eines nicht-korroderenden Flußmittels in einer inerten Atmosphäre zusammengelötet, um einen Probekörper, wie er in Fig. 2 dargestellt ist, für den Korrosionstest herzustellen. Der hergestellte Probekörper wurde nach ASTM G-85 SWAAT (Dauer 1000 Std.) getestet, um die Korrosionsbeständigkeit zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt. Sämtliche erfindungsgemäßen Probekörper besaßen günstige Extrusionsgeschwindigkeiten.

sionseigenschaften und verhinderten die Entstehung von Lochfraß auf dem Rohr, ohne eine Ablösung der Rippe von dem Rohr zu bewirken.

Tabelle 9

Probe- körper	Zusammensetzung (Gew.%)									Normal-Elek- troden-potenti- al der Rippe (mV vs GKE)
	Mn	Cu	Zn	Hg	Ti	Cr	Zr	Si	Fe	
F7	1,21	0,14	2,51	-	-	-	-	0,26	0,52	-763
F8	1,20	0,13	2,05	0,07	-	-	-	0,26	0,52	-760
F9	1,25	0,17	2,60	-	0,10	0,15	0,08	0,28	0,50	-768

Tabelle 10

Probe- körper Nr.	Rohr	aufge- spritztes Material	Auftrags- menge an Al-Zn (g/m ²)	Auftrags- menge an Zn (g/m ²)	Normal-Elek- troden-poten- tial (mV vs GKE)
T81	T8	Al-10Zn	15	1,5	-737
T82	T8	Al-30Zn	5	1,5	-739
T83	T8	Al-50Zn	5	2,5	-752
T91	T9	Al-30Zn	5	1,5	-745
T101	T10	Al-30Zn	5	1,5	-743
T111	T11	Al-50Zn	5	1,5	-749
T121	T12	Al-30Zn	5	2,5	-736

Tabelle 11

Probe- körper	Kombination		Korrosionsstärke des Rohrs (mm)	Rippen- ablösung
	Rohr	Rippe		
17	T81	F7	0,15	keine
18	T82	F7	0,17	keine
19	T83	F9	0,09	keine
20	T91	F9	0,12	keine
21	T101	F9	0,12	keine
22	T111	F9	0,10	keine
23	T121	F8	0,20	keine

VERGLEICHSPBEISPIEL 2

Außer dem in Beispiel 2 hergestellten Aluminiumrohr wurde ein Aluminiumrohr mit einem Spritzüberzug aus Al-80%Zn hergestellt. Es wurden zusätzliche Rippen mit Kernzusammensetzungen aus 1,12 Gew.% Mn, 0,14 Gew.% Cu, 0,26 Gew.% Si, 0,52 Gew.% Fe, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen bestand, hergestellt und mit demselben Lötmaterial wie dem in Beispiel 2 verwendeten plattiert. Die Rippen wurden getestet, um das Normal-Elektrodenpotential zu bestimmen, wobei das gleiche Verfahren wie in Beispiel 2 angewendet wurde, und das mit der Rippe kombinierte und zusammengeschweißte Rohr wurde getestet, um die Korrosionsbeständigkeit zu bestimmen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 12 und 13 angegeben.

Tabelle 12

Probe- körper	Rohr	aufge-spr- itztes Material	Auftrags- menge an Al-Zn (g/m ²)	Auftrags- menge an Zn (g/m ²)	Normal-Elek- troden-poten- tial (mV vs GKE)
T84	TS	Al-10Zn	5	0,5	-716
T85	TS	Al-80Zn	5	4,0	-789

Tabelle 13

Probe- körper	Kombination		Korrosionstiefe des Rohrs (mm)	Rippen- ablösung
	Rohr	Rippe		
24	T84	F7	durchdringend	keine
25	T85	F7	0.09	eingetreten
26	T82	F10	0.17	eingetreten

Wie in Tabelle 13 zu erkennen, wies der Probekörper Nr. 24 eine geringere Auftragsmenge an Zn in der auf dem Rohr gebildeten Zn-haltigen Legierungsschicht auf, was zu einem Lochfraß führte, welcher die Rohrwand durchdrang. Da der Probekörper Nr. 25 eine übermäßige Zn-Auftragsmenge in der auf dem Rohr gebildeten Überzugsschicht aufwies, diffundierte Zn in den Nahtbereich, was eine vorzeitige Korrosion am Nahtbereich bewirkte und zu einer Ablösung der Rippe von dem Rohr führte. Der Probekörper Nr. 26 enthielt kein Zn im Kern der Rippe, so daß das Potential der Rippe niedriger als das des Rohrs wurde, wie in Tabelle 12 gezeigt, und die Korrosion des Rohrs beschleunigt wurde, was zu einer Rippenablösung führte.

BEISPIEL 3, VERGLEICHBSBEISPIEL 3

Beispiel 3 und Vergleichsbeispiel 3 beschreiben Ausführungsformen, die sich auf Anspruch 6 und die Ansprüche 13 und 14 der vorliegenden Erfindung beziehen.

Jeder der Aluminiumlegierungsblöcke mit der in Tabelle 14 angeführten Zusammensetzung wurde gegossen. Der gegossene Block wurde durch Harmonisierung und Pressen weiterverarbeitet, um ein flaches poriges Rohr zu formen, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, das eine Größe von 20 mm Breite, 3 mm Dicke und eine Rohrwanddicke von 0,3 mm aufwies. Unmittelbar nach der Extrusion wurde eine Legierung aus Al-80%Zn, Al-50%Zn, Al-30%Zn oder Al-10%Zn einzeln auf die porige flache Seite der jeweiligen Rohre aufgespritzt, um eine Zn-haltige Überzugsschicht zu bilden. Tabelle 14 zeigt, daß die Extrusionsgeschwindigkeit für jeden der Probekörper günstig ist.

Es wurden Rippen (0,13 mm dick) aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung mit der in Tabelle 15 angeführten Zusammensetzung und einem Lötblech aus A4045-Legierungs-Lötmaterial als Plattierung hergestellt. Jede der so hergestellten Rippen und das mit der oben beschriebenen Überzugsschicht beschichtete Rohr wurden einzeln unter den gleichen Bedingungen wie beim Löten in einer inerten Gasatmosphäre erhitzt. Dann wurde in einer 3%igen NaCl-Lösung (pH 3) das Normalpotential jedes Probekörpers bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 und Tabelle 16 dargestellt. Das Aluminiumrohr wurde schlangenförmig gebogen, und die Rippe wurde gewellt; dann wurden sie unter Verwendung eines nichtkorrodierenden Flußmittels in einer inerten Atmosphäre zusammengelötet, um einen Probekörper für den Korrosionstest zu bilden. Der hergestellte Probekörper wurde nach ASTM G-85 SWAAT getestet, um die Korrosionsbeständigkeit zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 14

Probe- körper	Zusammensetzung (Gew.%)						Geschwindigkeit der Extrusion (m/min)
	Si	Fe	Mg	Ti	Cr	Zr	
T13	0,24	0,30	—	—	—	—	150
T14	0,26	0,34	0,11	—	—	0,09	150
T15	0,25	0,35	—	0,10	0,12	—	150

Tabelle 15

Probekörper	Zusammensetzung									Normal-Elektrodenpotential der Rippe (mV vs GKE)
	Mn	Zn	Pb	Cu	Ti	Cr	Zr	Si	Fe	
F11	1,22	2,47	-	-	-	-	-	0,35	0,25	-845
F12	1,24	2,50	-	-	-	0,15	0,12	0,27	0,27	-840
F13	1,21	-	-	0,10	-	-	-	0,31	0,26	-720

Tabelle 16

Probekörper Nr.	Rohr	aufgespritztes Material	Auftragsmenge an Al-Zn (g/m^2)	Auftragsmenge an Zn (g/m^2)	Normal-Elektrodenpotential (mV vs GKE)
T131	T13	Al-10Zn	5	0,5	-807
T132	T13	Al-10Zn	20	2,0	-827
T133	T13	Al-30Zn	5	1,5	-823
T134	T13	Al-50Zn	5	2,5	-832
T135	T13	Al-80Zn	5	4,0	-854
T141	T14	Al-30Zn	5	1,5	-830
T151	T15	Al-30Zn	5	1,5	-820

Tabelle 17

Probekörper	Kombination		Korrosionsstärke des Rohrs (mm)	Rippenablösung
	Rohr	Rippe		
27	T132	F12	0,14	keine
28	T133	F11	0,16	keine
29	T134	F11	0,08	keine
30	T141	F11	0,12	keine
31	T151	F11	0,13	keine
32	T131	F11	durchdringend	keine
33	T132	F13	0,15	eingetreten
34	T135	F11	0,07	eingetreten

Wie in Tabelle 17 dargestellt, zeigten sämtliche Probekörper von Nr. 27 bis 31 eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit, und es kam zu keiner Rippenablösung. Der Probekörper Nr. 32 wies jedoch eine geringere Auftragsmenge an Zn in der auf dem Aluminiumrohr gebildeten Legierungsschicht auf, was zu einer schlechten Korrosionsbeständigkeit des Rohrs führte, und es entstand ein Lochfraß, welcher die Rohrwand durchdrang. Da der Probekörper Nr. 33 kein Zn im Kern der Rippe enthielt, wurde das Potential der Rippe weniger reaktiv, was eine vorzeitige Korrosion des Rohrs zur Folge hatte und zu einer Rippenablösung führte. Der Probekörper Nr. 34 wies eine übermäßige Zn-Auftragsmenge in der auf dem Aluminiumrohr gebildeten Überzugsschicht auf, so daß eine Zn-Diffusion in den Nahtbereich erfolgte, was eine vorzeitige Korrosion im Nahtbereich bewirkte, und die Rippe löste sich ab.

Wie oben beschrieben, stellt die vorliegende Erfindung einen Wärmeaustauscher aus Aluminium bereit, der durch das Anfügen eines mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht beschichteten Aluminiumrohrs an eine Rippe aus einem Aluminium-Lötblech durch Lötung hergestellt wird, wobei dieser Wärmeaustauscher das Auftreten von Lochfraß beim Aluminiumrohr, das den Wärmeaustauscher bildet, unterdrückt und eine Ablösung der Rippe von dem Rohr, hervorgerufen durch vorzeitige Korrosion des Nahtbereichs infolge einer Zn-Diffusion in den Nahtbereich, wirksam verhindert.

Patentansprüche

1. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher, welches umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das

Aluminiumrohr gelötet ist, wobei die Auftragsmenge an Zn in der Überzugsschicht zwischen 1 und 8 g/m² beträgt.

2. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher nach Anspruch 1, wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 85 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht.

3. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht.

4. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht.

5. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die Cu oder Cu und Mn enthält und außerdem jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält.

6. Aluminiumrohr für einen Aluminiumwärmeaustauscher, wobei das Aluminiumrohr umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus reinem Aluminium gebildet ist, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 g/m² und 3 g/m² beträgt.

7. Wärmeaustauscher aus Aluminium, welcher umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Struktur des Aluminium-Lötblechs aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 85 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht zwischen 1 und 8 g/m² beträgt.

8. Wärmeaustauscher aus Aluminium nach Anspruch 7, wobei das Aluminiumrohr 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und außerdem jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält.

9. Wärmeaustauscher aus Aluminium nach Anspruch 7, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht.

10. Wärmeaustauscher aus Aluminium nach Anspruch 7, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu, 0,05 bis 0,2 Gew.% Mn und jeweils bis zu 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mg, Cr, Ti und Zr enthält.

11. Wärmeaustauscher aus Aluminium, welcher umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Struktur des Aluminium-Lötblechs aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn, 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht mindestens 1 g/m² und weniger als 3 g/m² beträgt.

12. Wärmeaustauscher aus Aluminium nach Anspruch 11, wobei das Aluminiumrohr aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, die 0,1 bis 0,5 Gew.% Cu und jeweils 0,3 Gew.% von einem oder mehreren der Elemente Mn, Mg, Ti, Cr und Zr enthält.

13. Wärmeaustauscher aus Aluminium, welcher umfaßt: ein Aluminiumrohr mit einer Zn-haltigen Überzugsschicht; eine Rippe, deren Struktur aus einem Aluminium-Lötblech besteht, das an das Aluminiumrohr gelötet ist, wobei das Aluminiumrohr aus reinem Aluminium gebildet ist, und wobei die Struktur des Aluminium-Lötblechs aus einem Kern aus einer Aluminiumlegierung, die 0,5 bis 2,0 Gew.% Mn und 1,0 bis 3,0 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und einer Haut aus einem Al-Si-Legierungs-Lötmaterial besteht, und wobei die Zn-haltige Überzugsschicht durch Aufspritzen einer Legierung gebildet wird, die 10 bis 50 Gew.% Zn enthält, wobei der Rest aus Aluminium und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, und wobei die Auftragsmenge an Zn in der Zn-haltigen Überzugsschicht mindestens 1 g/m² und weniger als 3 g/m² beträgt.

14. Wärmeaustauscher aus Aluminium nach den Ansprüchen 7, 8, 9, 10, 11, 12 und 13, wobei der Kern des Aluminium-Lötblechs außerdem eines oder mehrere der folgenden Elemente enthält: bis zu 0,1 Gew.% Mg, bis zu 0,3 Gew.% Ti, bis zu 0,3 Gew.% Cr und bis zu 0,3 Gew.% Zr.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

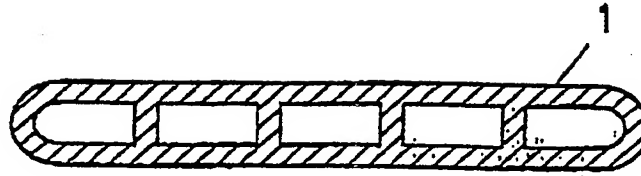


Fig. 2

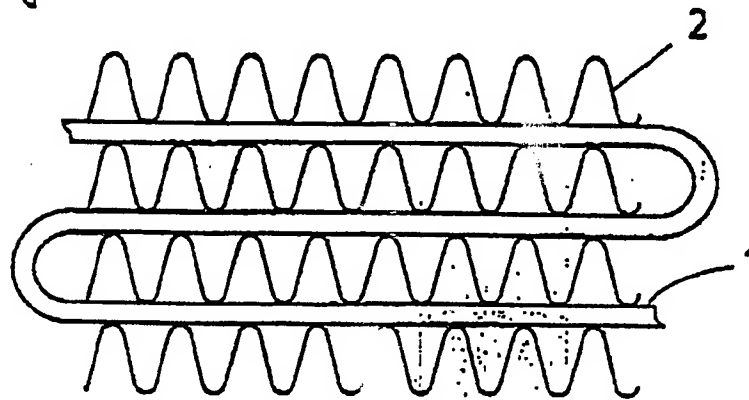


Fig. 3

